

樹脂鑄型による冠微細血管構築の走査 電子顕微鏡的研究

川崎医科大学付属川崎病院 内科

(指導: 小林敏成教授)

中 嶋 伸 一 郎

(昭和60年10月30日受付)

A Scanning Electron Microscope Study of Coronary Microvascular Architecture Using Corrosion Casts

Shinichiro Nakashima

Department of Medicine, Kawasaki Hospital
Kawasaki Medical School

(Accepted on October 30, 1985)

小犬心の血管鑄型を合成樹脂による鑄型法で作成し、その走査電子顕微鏡的観察を行い次のような新知見を得た。

1) 両心室壁と心室中隔の毛細血管構築は差がなく、毛細血管は心筋線維と同方向に走行し、主にH型吻合をして心筋長軸方向に一致した長方形の毛細血管網を形成していた。心房壁の毛細血管構築は心室壁と異なり、毛細血管は多方向性に走行し、蛇行、屈曲し、Y型吻合が多かった。毛細血管同士の間隔は心室壁の毛細血管網よりも心房壁の方が広がった。心室壁と心房壁の毛細血管構築の差は心筋細胞の接合様式が両部位で異なるためと考えられた。心室壁と心室中隔では、細静脈の走行が毛細血管の方向に対し直角に走るものと、毛細血管の方向に平行のものがあり、前者が多かった。毛細血管から直接小静脈に流入するものがあった。

2) 心内交通枝は主として肉柱間の陥凹部にあり、右心室と右心房に多く、左心室と左心房には非常に少なかった。心内交通枝の三次元的形態観察が可能で、観察し得た種々の形態を記載した。

3) 洞房結節の毛細血管構築は右心房一般心筋部のそれよりも疎であった。

The microvascular architecture of canine coronary vessels was studied by scanning electron microscopy of corrosion casts.

The following results were obtained in this study.

1) No remarkable difference was noted in the microvascular architecture of the capillaries in the bilateral ventricular walls and the interventricular septum. The capillaries in the ventricular walls coursed straight along the myocardial fibers forming an H-shaped anastomosis. Therefore, the rectoangular capillary

networks were formed in the parallel with the myocardial fibers. The microvascular architecture of the capillaries in the atrial wall was different from that in the ventricular wall. Those capillaries in the atrial wall which were tortuous with some torsion took various courses, and formed a Y-shaped anastomosis in many places. The distance between two capillaries in the atrial wall was definitely wider than that in the ventricular wall. The differences in these findings on the microvascular architecture of the capillaries in the ventricular wall and that in the atrial wall were considered to be due to differences in the junctional patterns of myocardial cells in the ventricles and atria. In the ventricular wall and interventricular septum, there were two kinds of directional pattern in the course of the venules; one was a pattern in which some of the venules receiving capillaries coursed perpendicular to many other capillaries. The other was one in which some other venules receiving the capillaries coursed in parallel with the rest of the capillaries. The former pattern was predominant. In addition, some capillaries emptied directly into small veins.

2) Cardiac luminal anastomoses were observed particularly in the valleys among the trabeculae carneae. They were observed frequently in the right ventricular and right atrial walls, but were rarely seen in the left ventricular and left atrial walls. The author describes the various structures of the cardiac luminal anastomoses which were observed in a three dimensional view.

3) The capillary network of the sinus node was coarse and was easily distinguishable from that of the atrial wall.

Key Words ① Corrosion casts ② Coronary microvascular architecture
③ Scanning electron microscopy ④ Cardiac luminal
anastomoses ⑤ Sinus node

I. 緒 言

冠循環動態は冠循環系の形態学的特性を把握した上で初めて理解されるものであり、そのために古くから種々の形態学的研究が行われている。Dissection法、Trace法、色素注入法、連続切片再構築法、造影剤注入法などがあり、^{1)~3)}それぞれ一長一短はあるが、特にこれらは立体的に冠血管の構築を観察し得ないという欠点がある。また、心臓における血管分布の中で、冠状動脈の分布については比較的詳細に検索されているが、微細血管領域については研究に乏しく、なお検討を要するものと思われる。

微細血管領域を三次元的に観察する方法とし

て、村上の methacrylate resin (Mercocox) を注入した血管鑄型を走査電子顕微鏡(以後走査電顕と略す)で観察する方法がある。⁴⁾この方法で冠血管構築を観察した報告もすでにいくつかあるが、まだ明らかにされていない点が多い。そこで著者も村上の方法を用いて冠血管系の鑄型を作成し走査電顕で観察した結果、いくつかの新知見を得たので報告する。

II. 実験材料並びに方法

雑種小型犬(体重1.5kg~2.5kg)10頭を用い、30mg/kgのpentobarbital sodiumで静脈麻酔後、胸部大動脈より逆行性にカニューレーションし、カニューレの先端を大動脈弁上まで進め、結紮固定した。その後生理食塩水を注

入しつつ、頭部、上肢に行く動脈を結紮し、下大静脈を切断して瀉血した。下大静脈より流出する生理食塩水が透明になるまで十分に灌流した後、青色の Mercocox (大日本インキ工業) を用いて注入した。心臓を摘出し、60°C の温水中に約 6 時間浸漬し、十分樹脂を硬化させた。次に 10~20% NaOH に 24 時間浸漬し、鑄型以外の組織を腐蝕後、水道水で洗浄した。組織の除去が不十分な場合には、腐蝕、洗浄の操作を繰り返した。Figure 1 にこのようにして得ら

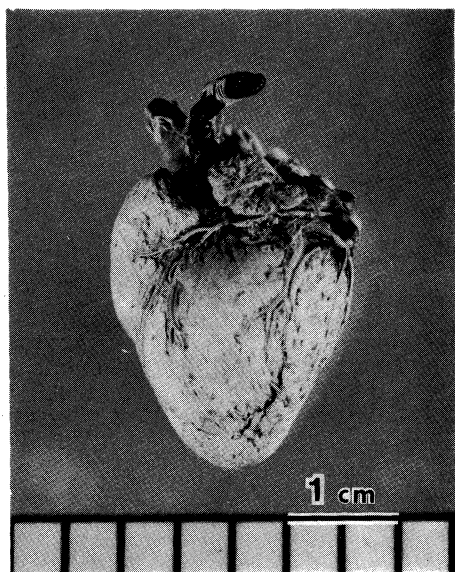


Fig. 1. Corrosion cast of the canine heart.

れた心臓の鑄型標本を示した。洗浄後凍結し、左右の心室と心室中隔を切り離し、乾燥した。それぞれを実体顕微鏡下で観察して樹脂の注入状態と部位を確認した後、再び凍結して必要な部位を切り出し、乾燥後導電接着剤 (DOTITE) で試料台に載台した。スパッタ・コーティング装置 (EikolB) で試料に金パラジウムを蒸着し、日本電子製 JSM-T300 型走査電顕により、加速電圧 5 kV で観察した。

心房は壁厚が薄く標本が破損しやすいため、樹脂注入後、切り出しを行い、その後、腐蝕以下の処理を上述の方法で行った。

洞房結節は樹脂を注入後、腐蝕する前に同部を中心に上大静脈と右心房の一部を含めて切り

出し、結節の中心部と思われる所で、sulcus terminalis に対し直角に割断した。一片は上述の腐蝕以下の処理を行い断面を走査電顕で観察し、他の一片は光学顕微鏡標本を作成してその断面が洞房結節であることを確認した。

毛細血管径および毛細血管間隔の計測は心筋各部を 1500 倍に拡大した写真上でそれぞれ 100 個あて算定し平均値と標準偏差を求めた。なお、毛細血管径の計測は心筋各部の真性毛細血管径を比較する目的で毛細血管の最も細い部位で行った。

心内交通枝の分布頻度は各心腔内の 20 カ所について 70 倍に拡大した写真上で 5 cm² 内の数を数え、実際の 1 cm² 内の分布数に換算し平均値と標準偏差を求めた。分布の状態はびまん性でなく肉柱と肉柱の間の陥凹部に多く観察されたが、陥凹部がほぼ等間隔で存在したことから、上述の算定範囲に 2~3 個の陥凹部が入ったことから、各心腔間の比較には十分役立つと考えられた。

III. 観 察 結 果

得られた鑄型標本は Figure 1 の如く完全に心臓の形態をとどめていた。なお、心周期で言えばこのような外見所見と両心室、心房腔の状態から、収縮期と拡張期のほぼ中間の形態で樹脂が注入されていると考えられた。注入状態を実体顕微鏡下に観察すると、注入は用手で行ったが血管の破裂も少なく、ほぼ満足な鑄型が得られていた。詳細に観察し、血管の破裂による樹脂の漏れがなく、毛細血管まで十分に注入されている試料を観察に用いた。冠状血管系の微細血管分布を追求するにあたり、動脈側と静脈側の判定は太い既知の動脈や静脈との連続性を見て決定した。微細血管の分類および名称は細動脈、終末細動脈、動脈性毛細血管、静脈性毛細血管、後毛細血管細静脈、集合細静脈、筋型細静脈の如く表現されるが、血管鑄型による観察ではこのように詳細に区別することは困難であった。したがって、本論文では小動脈 (100~300 μm)、細動脈 (100~15 μm)、毛細血管

(15 μm 以下), 細静脈 (15~100 μm), 小静脈 (100~300 μm) とした。

A. 左心室壁

1. 外膜面

1本の太い冠動脈には、従来報告されているように2本の冠静脈が必ず伴走していた。心尖部に行くにしたがい毛細血管網に埋もれるような走行を示すものがあった (Fig. 2)。細動脈は分枝後心筋内に向かうものが多かった (Fig. 3)。毛細血管は心筋線維の方向に一致するように一定方向に比較的まっすぐ走り、H型吻合やY型吻合を示したが、前者のほうが多かった (Fig. 4)。毛細血管径は $5.43 \pm 0.38 \mu\text{m}$ で、毛細血管同士の間隔は $11.29 \pm 0.79 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。一部の細動脈は表面に分布し、それに続く毛細血管は網目状の走行を示した (Fig. 5)。小動脈、細動脈に比較して細静脈、小静脈が数多く観察された。細静脈の走行には2種類あり、1つは毛細血管の方向に対し直角に走るもので (Fig. 6)、もう1つは毛細血管の方向に平行に走るものであり (Fig. 7)、前者

の方が多かった。なお、毛細血管から直接小静脈に流入するものが観察され、流入する直前で内腔は拡大していた。この場合毛細血管は小静脈に対し直角に流入するものがほとんどであった (Fig. 8)。

2. 内膜面

小動脈、細動脈よりも細静脈、小静脈の数が多く、静脈系の構築では、ある1カ所を中心に小静脈が集まり心外膜面に向かうものが多かった (Fig. 9)。毛細血管の構築は外膜面とほぼ同様であった。毛細血管径は $5.73 \pm 0.65 \mu\text{m}$ で、毛細血管同士の間隔は $11.96 \pm 2.21 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。心内交通枝は非常に稀であった (Table 2)。

B. 右心室壁

1. 外膜面

左心室心外膜面とほぼ同様であったが、表面を走行する冠動脈、冠静脈とも左心室側よりも数が少なかった。毛細血管の構築も左心室心外膜面と差がなく、毛細血管径は $5.50 \pm 0.53 \mu\text{m}$ で、毛細血管同士の間隔は $11.46 \pm 1.42 \mu\text{m}$ で

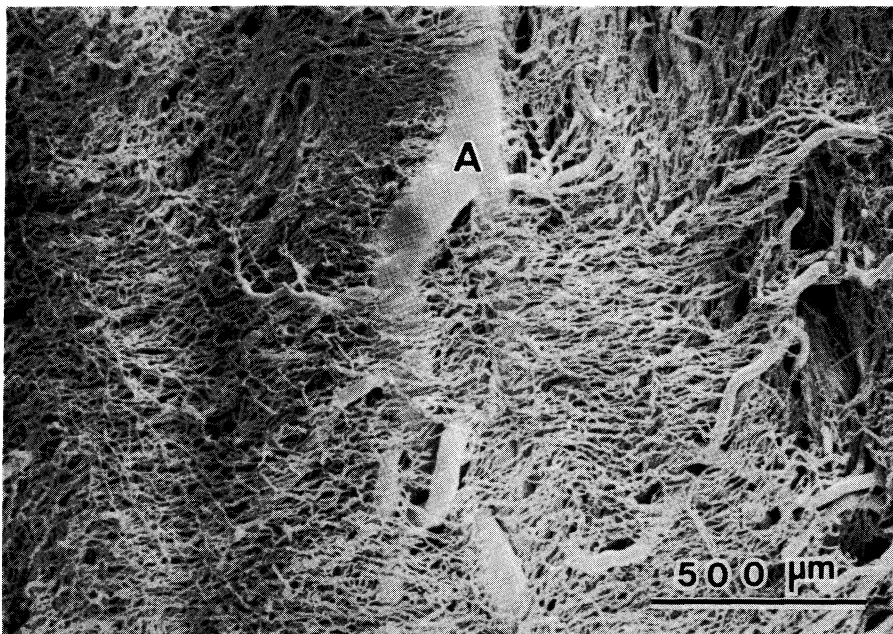


Fig. 2. Coronary arteries (A) tend to be buried in capillary network in the region of the apex.

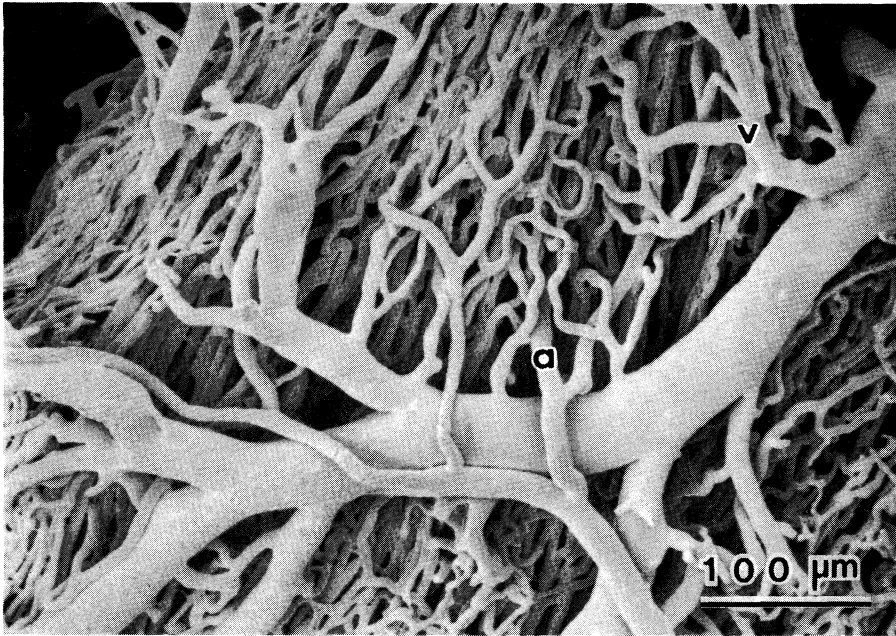


Fig. 3. Most of the branched arterioles (a) penetrate between the capillaries of the myocardium. v: venule.

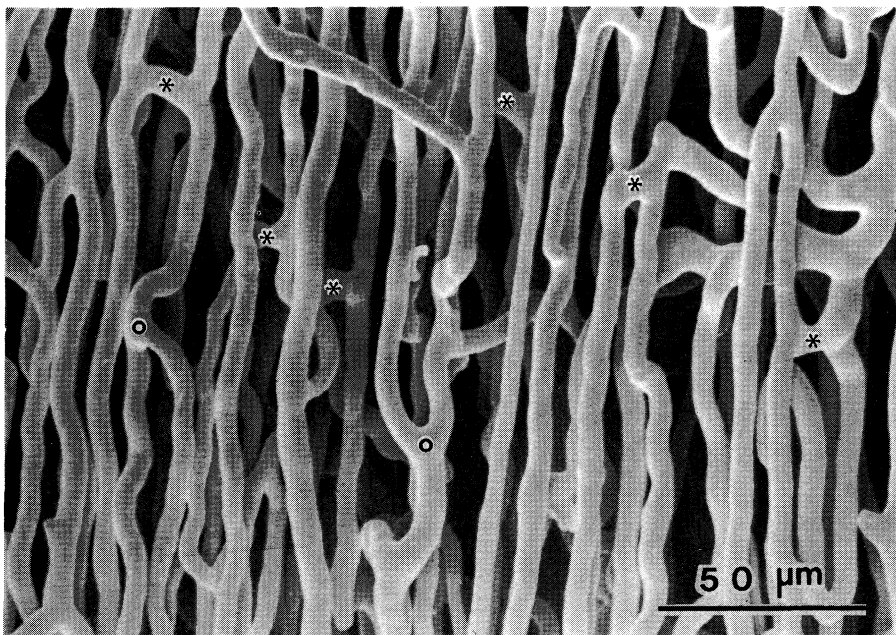


Fig. 4. Capillaries of the ventricular wall course straight in a given direction forming an H-shaped anastomosis (*) or a Y-shaped anastomosis (○). The former pattern outnumbers the latter one.

Table 1. Capillary diameters and capillary distances in cardiac muscle of the dogs. Abbreviations; Epi.: epicardial surface, Endo.: endocardial surface, L. vent.: left ventricular side, R. vent.: right ventricular side.

Site		Capillary Diameters Mean \pm SD (N=100) μm	Capillary Distances Mean \pm SD (N=100) μm
Left ventricle	Epi.	5.43 \pm 0.38	11.29 \pm 0.79
	Endo.	5.73 \pm 0.65	11.96 \pm 2.21
Right ventricle	Epi.	5.50 \pm 0.53	11.46 \pm 1.42
	Endo.	5.57 \pm 0.62	11.37 \pm 1.47
Ventricular septum	L. vent.	5.47 \pm 0.62	11.38 \pm 1.41
	R. vent.	5.43 \pm 0.61	11.64 \pm 1.97
Left atrium	Epi.	5.42 \pm 0.52	16.28 \pm 3.40
	Endo.	5.42 \pm 0.50	17.28 \pm 3.58
Right atrium	Epi.	5.36 \pm 0.55	17.53 \pm 3.90
	Endo.	5.44 \pm 0.64	17.66 \pm 3.35

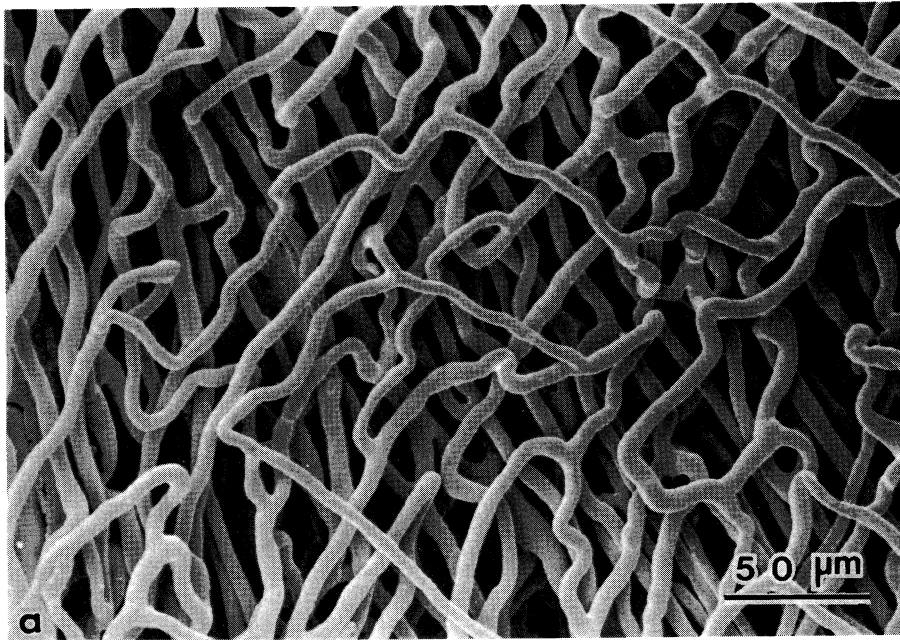


Fig. 5. Thin capillary networks are occasionally observed on the surface of the ventricular wall. a: arteriole.

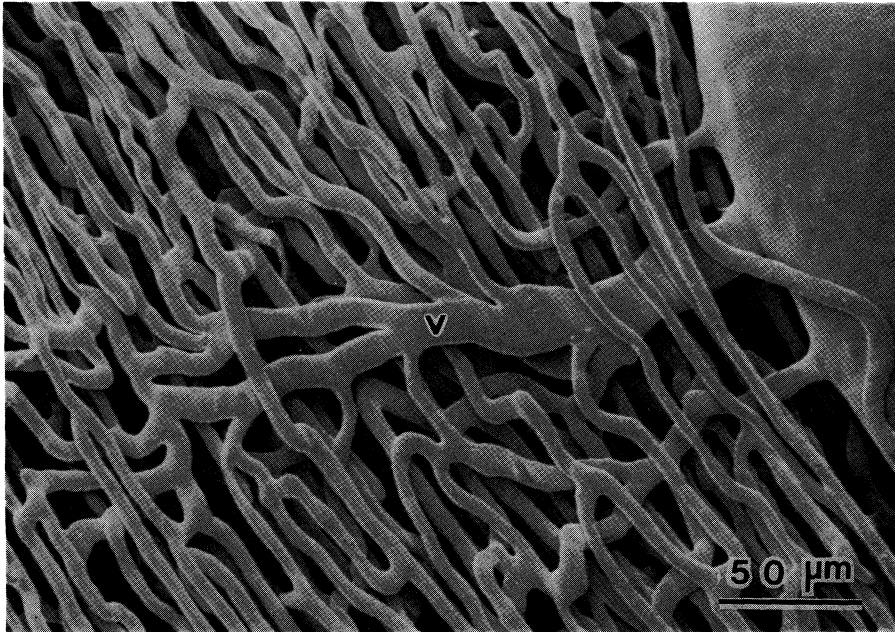


Fig. 6. A venule (v) traversing perpendicular to capillaries.

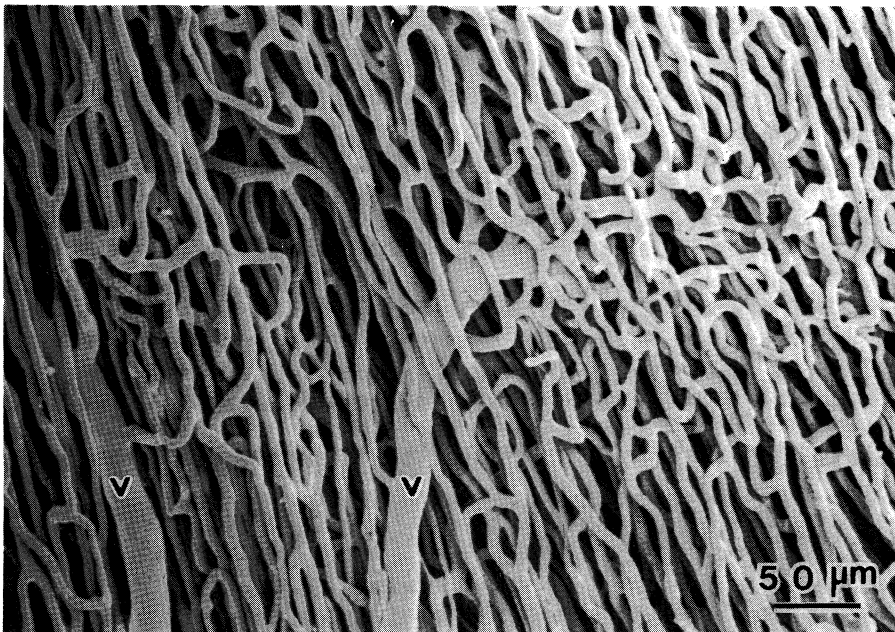


Fig. 7. Two venules (v) coursing in parallel with capillaries.

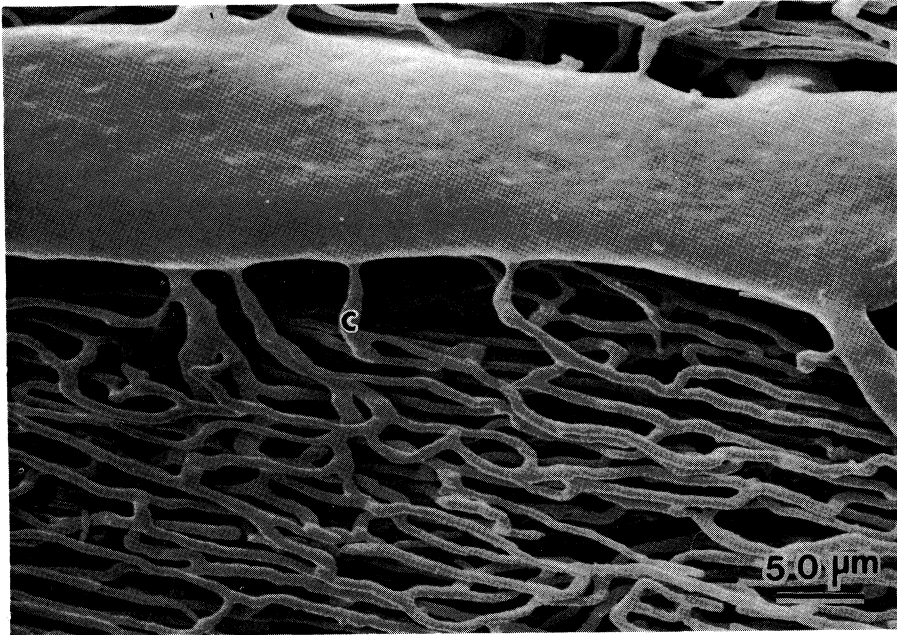


Fig. 8. Some capillaries (c) empty directly into small veins.

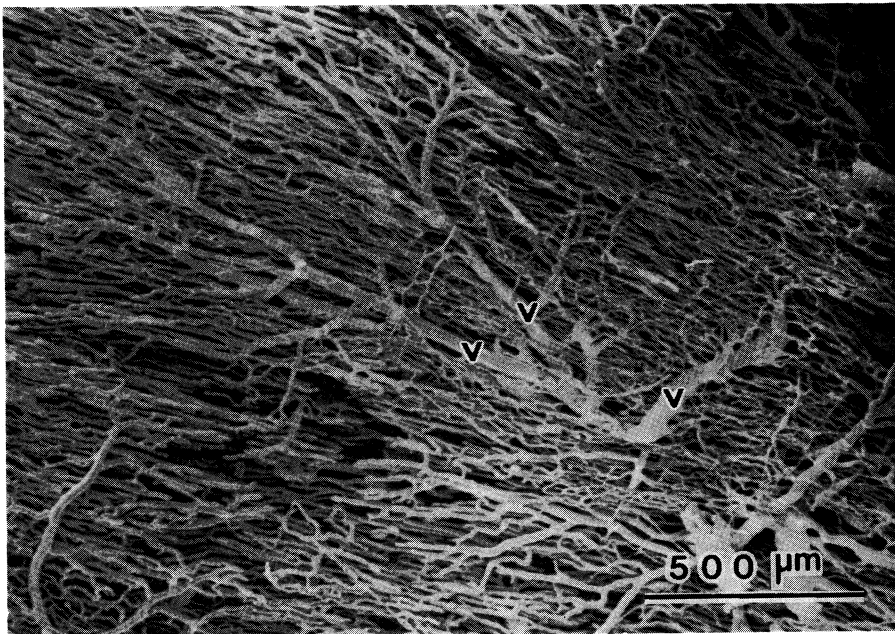


Fig. 9. Several small veins (v) on the endocardial surface of the ventricular wall usually gather to form a larger vein which directs toward the epicardium.

Table 2. The number of cardiac luminal anastomoses per cm² in each chamber.

Site	Mean±SD (N=20)
Left ventricle	5.14± 2.18
Right ventricle	36.4 ±11.32
Left atrium	7.2 ± 2.17
Right atrium	24.1 ± 7.57

あった (Table 1).

2. 内膜面

小動脈, 細動脈や細静脈, 小静脈の数と分布形態は左心室内膜側と同様であった。毛細血管の構築も左心室内膜側とほぼ同様であった。毛細血管径は $5.57 \pm 0.62 \mu\text{m}$ であり, 毛細血管同士の間隔は $11.37 \pm 1.47 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。心内交通枝は最も多く観察された (Table 2)。そこで心内交通枝に関する詳細な観察は本心室内膜面で行った。肉柱と肉柱の間の陥凹部に球状の突出物が多く観察された (Fig. 10) が Figure 11 で示す如く, このような突出物を取り除き (取り除かれた球状の突出物の一部が

Figure 11 の右に観察される), その基部を観察すると心筋内から種々の太さの血管が数本集まって球状の突出物に連続しているのが明らかになった。このような血管が心内交通枝で, 注入された樹脂がそれを通して心腔内へ漏れたものが球状の突出物である。Figure 11 で詳しく心内交通枝を観察すると, Aは毛細血管に続く細静脈に相当し, Bは矢頭の部分で拡大しており, その部に毛細血管に続く細静脈と毛細血管が直接流入している。C, D, Eは径 $40 \sim 60 \mu\text{m}$ でその表面には輪状の横縞があり平滑筋細胞を有する細静脈とも考えられる。また, Figure 12 にはA, B, C, Dの4本の血管からなる心内交通枝を示しており, Aには毛細血管や細静脈が流入し, 血管表面には内皮細胞の核と思われる楕円形の浅い陥凹が刻印されている。B, Cは心筋内での他の血管との連続が明らかでないが, 径約 $120 \mu\text{m}$ で血管表面に内皮細胞の核と思われる刻印が観察される。なお, 血管Bは心腔にそそぐ直前に不完全な弁を思わせる刻印を示していた (矢印)。

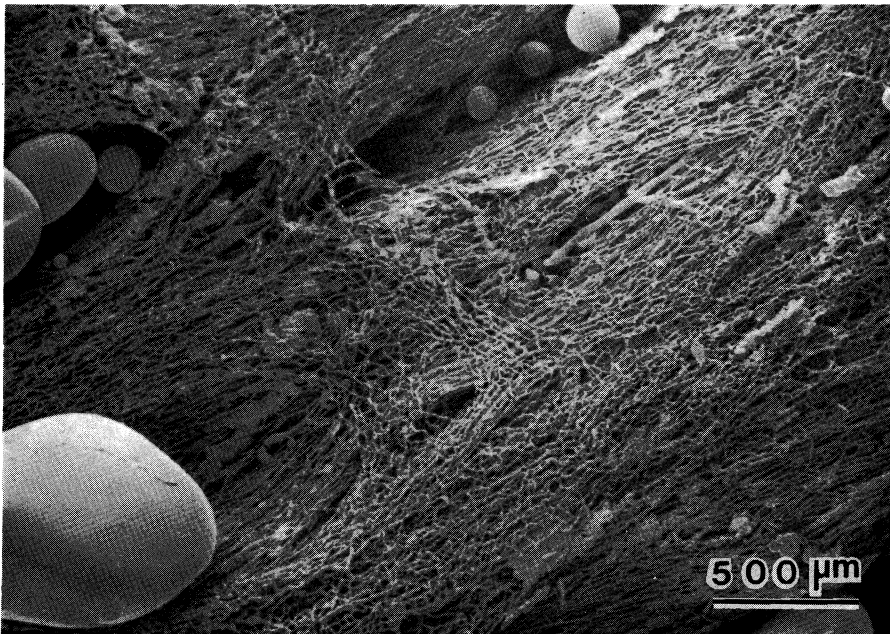


Fig. 10. These ball-like masses of various size that represent corrosions leaking through cardiac luminal anastomoses are observed particularly in the valleys among the trabeculae carneae.

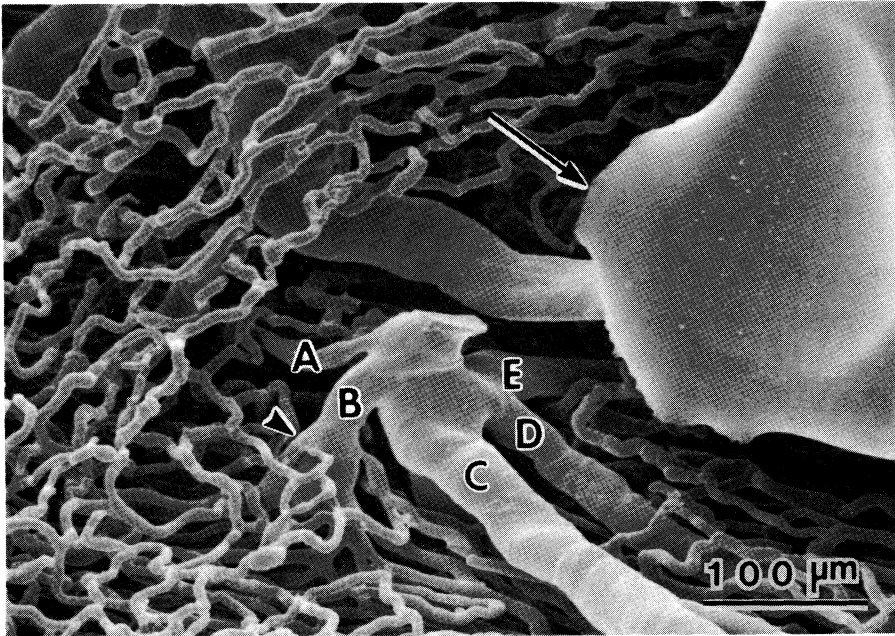


Fig. 11. Five small vessels (A~E) gather at the base of the ball-like mass, which is removed in this figure (arrow).

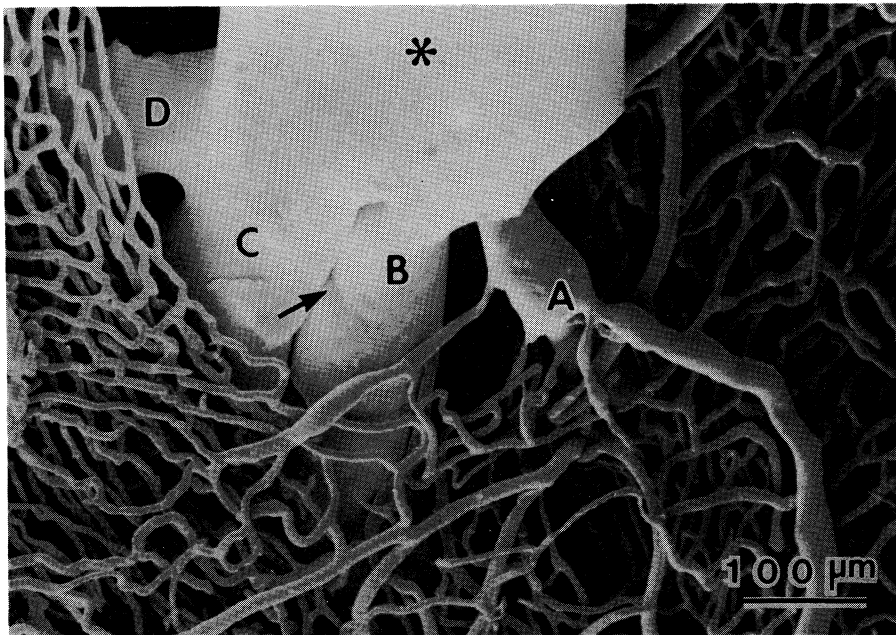


Fig. 12. Four vessels (A~D) join the base of the ball-like mass (*).

C. 心室中隔

1. 左心室面

小動脈，細動脈は非常に稀で細静脈，小静脈が多かった。小静脈の分布形式は左心室自由壁内膜側と類似し，1カ所に集中する形式をとっていた。毛細血管の方向も左心室自由壁内側と同様であった。毛細血管径は $5.47 \pm 0.62 \mu\text{m}$ で，毛細血管同士の間隔は $11.38 \pm 1.41 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。心内交通枝は認められなかった。

2. 右心室面

小動脈，細動脈の数は非常に少なく細静脈，小静脈が多く左心室面と同様であった。毛細血管径は $5.43 \pm 0.61 \mu\text{m}$ で，毛細血管同士の間隔は $11.64 \pm 1.97 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。心内交通枝は右心室自由壁内膜面よりはるかに少なかった。

D. 左心房壁

1. 外膜面

表面は平坦で，凹凸に乏しく，小動脈，細動

脈や細静脈，小静脈の数が心室表面に比較すると非常に少なかった。毛細血管は心室の毛細血管と比較して多方向性に走行し，蛇行，屈曲が強かった (Fig. 13)。毛細血管のH型吻合は稀でY型吻合が主であった。毛細血管径は $5.42 \pm 0.52 \mu\text{m}$ で，毛細血管同士の間隔は $16.28 \pm 3.40 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。

2. 内膜面

肉柱の毛細血管束が肉柱の走行に一致して，多方向性に分布していた (Fig. 14)。毛細血管は蛇行，屈曲が強く，心外膜面とほぼ同様であった。毛細血管径は $5.42 \pm 0.50 \mu\text{m}$ で，毛細血管同士の間隔は $17.28 \pm 3.58 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。小動脈，細動脈および細静脈，小静脈は外膜面と同様であった。心内交通枝は，稀にしか認められなかった (Table 2)。

E. 右心房壁

1. 外膜面

左心房外膜面とまったく同じ構築であった。毛細血管径は $5.36 \pm 0.55 \mu\text{m}$ で，毛細血管同士の間隔は $17.53 \pm 3.90 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。

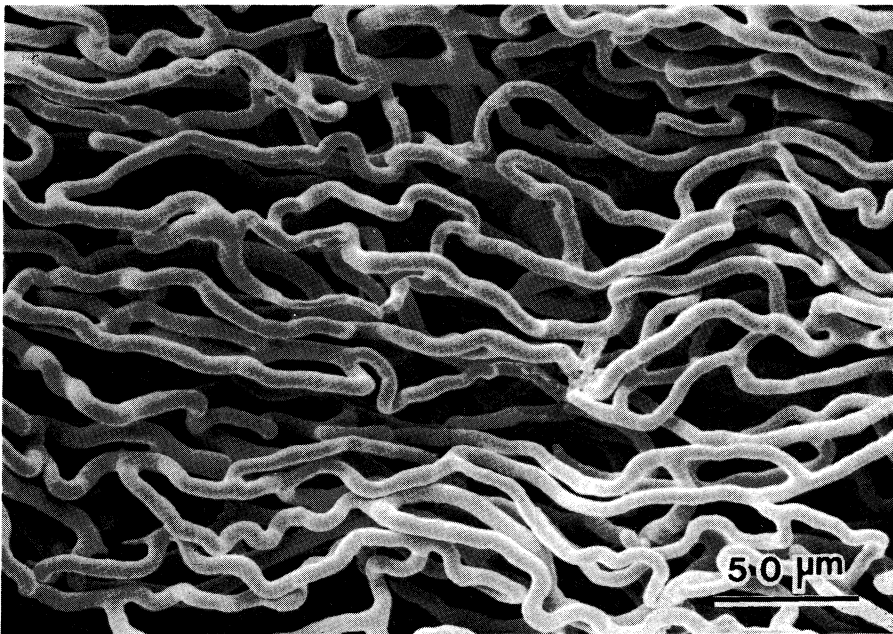


Fig. 13. Capillaries course tortuously in various directions, forming a Y-shaped anastomosis on many places.

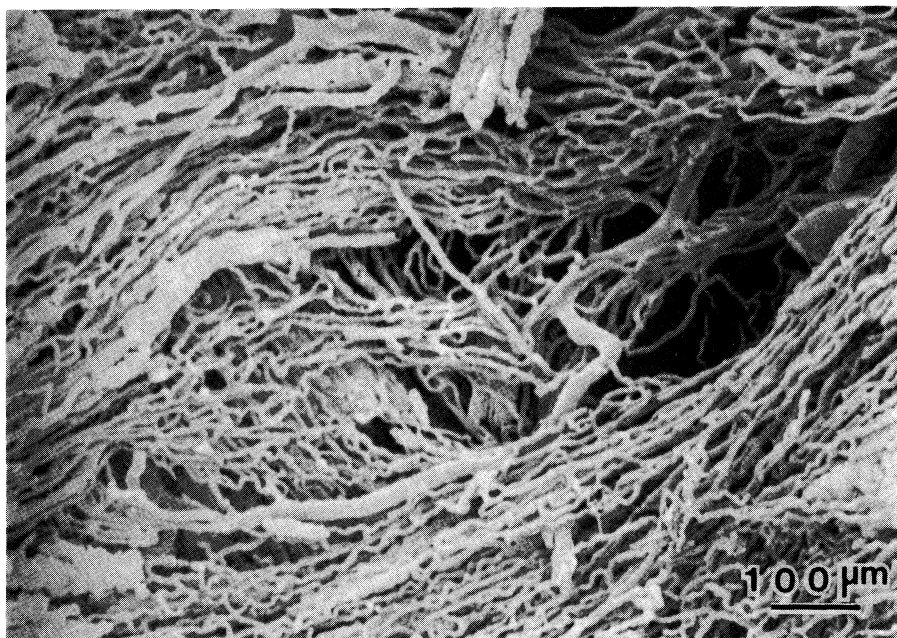


Fig. 14. Capillary networks on the endocardial surface in the left atrial wall.

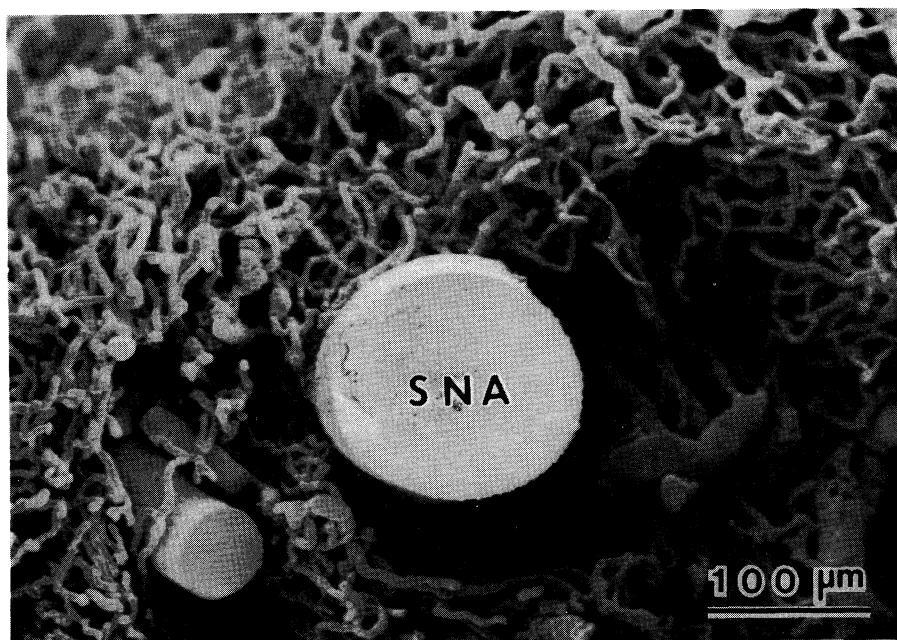


Fig. 15. Sinus node. Capillary network is coarse. SNA: sinus node artery.

2. 内膜面

左心房内膜面とほとんど同じ構築であったが、心内交通枝は左心房よりも非常に多かった (Table 2)。毛細血管径は $5.44 \pm 0.64 \mu\text{m}$ で、

毛細血管同士の間隔は $17.66 \pm 3.35 \mu\text{m}$ であった (Table 1)。

F. 洞房結節

まず右心房の外膜面から観察を行ったが、こ

の方法では観察が困難であった。そこで、同部を sulcus terminalis に対し垂直に切断し、その断面を観察した。対面の光学顕微鏡標本では、周囲の心房筋とは対称的に豊富な結合組織と細い筋線維を含み、中央に1本の central artery を伴った洞房結節が確認できた。Figure 15 に示すように、洞房結節中心部には必ず洞房結節動脈を伴っており、時にはその分枝と思われる複数の動脈を伴うものもあった。洞房結節動脈周囲の毛細血管網は右心房一般心筋部よりも疎であり、しだいに一般心筋部に移行する構築が観察された。

IV. 考 察

冠循環動態を詳細に把握するには、まずその裏付けとなる冠循環系の微細血管構築を知ることが重要である。そのために古くから種々の方法が試みられてきた。合成樹脂を注入して血管鑄型を作成し、それを走査電顕で観察する方法は毛細血管を中心とした微細血管系を詳しく、しかも三次元的に把握でき、この方法によって色々の臓器の微細血管構築が明らかにされてきている。⁵⁾ 冠血管構築に関しても、いくつかの報告があるが、^{6)~10)} 著者が観察し得た所見でまだ報告されていない新知見を中心に考察する。

A. 心室壁および心房壁の微細血管構築について

心室壁の微細血管構築については Wearn,¹¹⁾ Roger,¹²⁾ James,¹³⁾ 遊佐¹⁴⁾ らの色素注入法による報告があり、いずれも両心室および心室中隔での相異はなかったとし、所沢ら⁶⁾ は剖検心に墨汁加ゼラチンや methacrylate resin を注入して観察し、心室の毛細血管網は密で心筋長軸方向に一致した長方形構造をしており両心室および心室中隔で差がないと報告している。小野ら⁷⁾ は家兎心に methylmethacrylate を注入し走査電顕で外および内膜両面から観察した結果、毛細血管網は心筋線維に平行した細長い網目状を呈し、両心室および心室中隔でほとんど差がなかったとしている。著者の観察でも基本的には両心室および心室中隔の微細血管構築

には差がなく、毛細血管は心筋線維の方向にまっすぐ走行し、主にH型吻合をして心筋細胞の長軸方向に一致した長方形の毛細血管網を形成しており (Fig. 4), 上述の諸家の報告に一致していた。心筋各部の毛細血管径を計測してみても、Table 1 に示すように5~6 μm と差がなかった。心室の毛細血管が長方形の毛細血管網を形成するのは、毛細血管が心筋線維に沿って走行するためであり、著者が計測した毛細血管間隔も11~12 μm (Table 1) と、組織学に示されている心筋細胞の幅(10~15 μm)¹⁵⁾ に一致していた。細静脈の走行は、毛細血管の方向に対し直角に走るものと (Fig. 6), 毛細血管の方向に平行に走るものがあり (Fig. 7), 前者が多いこと、毛細血管から細静脈を経ることなく直接小静脈に流入する経路があること (Fig. 8) も著者がはじめて見出した所見である。また毛細血管から直接小静脈に流入する場合には小静脈に直角に流入し、その流入前で毛細血管は拡張していた (Fig. 8) が、これらの生理学的な意味は明らかでない。心室壁表面には薄い網目状の毛細血管網を認めるところがあったが (Fig. 5) とくに心尖部では著明で (Fig. 2), これは薄い心筋層が心筋表面を覆っている場所に一致するものと考えられる。

心房壁の微細血管構築については、1951年の真鍋¹⁶⁾ と1960年の遊佐¹⁴⁾ の報告のみである。真鍋は色素ゼラチンを注入して観察し、心室に比して心筋に乏しい心房壁ではその毛細血管網の層が薄く、心房の心筋量に一致して、交錯する毛細血管も少ないといい、遊佐のゼラチン加墨リング液の注入による報告では軽度の蛇行を示し、左心房より右心房の方がやや粗造であるとしているにすぎない。著者の詳細な観察では心室壁とは異なり、毛細血管は蛇行、屈曲し、多方向性で、Y型吻合が多く、毛細血管径は心室のそれと変わらず5~6 μm (Table 1) であったが、毛細血管間隔は心房の方が16~17 μm で心室の11~12 μm に比較して広いことが明らかになった。このように毛細血管構築が心室壁と異なるのは次のような理由によるものと思われる。すなわち心室では心筋細胞が主として端々

接合をし、密に規則正しく配列しているのに反し、心房では側々接合が多く、粗で多方向性の配列をしているために、¹⁷⁾ 心筋細胞の周囲を走行する毛細血管の走行と構築が両者で異なっているのは当然であろう。なお左右両心房間では毛細血管径および微細血管構築の相異を認めなかった。

B. 心内交通枝について

冠血管系と心腔との間の交通枝の存在は、最初に Vieussens や Thebesius によって報告されている。Vieussens は左冠状動脈に色素を注入し、左心房と左心室の心腔内に色素の漏れを認めたことから、冠動脈と心腔との間に交通枝があるとし、また Thebesius は冠状静脈洞に色素を注入した実験から、静脈系と心腔との間に交通枝があることを報告し thebesian vein と呼んだ。¹⁸⁾ その後、交通枝の有無に関してかなり論議されたが、Wearn ら¹¹⁾ は心内交通枝には静脈系と心腔との交通枝である thebesian vein のほかに動脈系と心腔との交通枝があり、それには arterio-sinusoidal vessel と arterio-luminal vessel の2種類あると報告した。arterio-sinusoidal vessel は、はじめ動脈または小動脈の枝としておこり、類洞へ注ぎ最後には心腔に開口するものとされ、arterio-luminal vessel は毛細血管を経ないで小動脈から直接心腔へいくもので、心筋層内では動脈としての筋層がみられるが、心内膜下層を通る時には静脈系の特徴をもつとされている。著者の鋳型法を用いた走査電顕による観察では、成績に示したように、数本の血管が心筋内より集まり心内交通枝を形成している様子や、交通枝と他の血管との連絡、その他血管表面の刻印など種々の情報を立体的に把握できることがわかった (Figs. 11, 12)。今回の観察では Wearn らの言う3種類の心内交通枝に相当するものをすべては観察することができなかったが、本法は超微形態的にしかも三次元的に微細血管構築を観察できる点で、Wearn らが示した光顕レベルのものよりも優れていると考えられ、本法でより詳細に観察すると、この心内交通枝に関してさ

らに新しい知見を得ることができであろう。本法で著者は心内交通枝のほとんどが肉柱と肉柱の間の陥凹部に存在することを見出し (Fig. 10)。その数は右心室に一番多く、右心房がそれに次ぎ、左心室、左心房では非常に少ないことを明らかにすることができた。右心室と右心房に心内交通枝が多いことは体循環の生理学的見地からして合目的なことである。

C. 洞房結節の血管構築について

洞機能不全症候群や急性心筋硬塞の際出現する不整脈や伝導障害に関連して、刺激伝導系に対する血管分布は臨床面からも興味もたれている。しかし、観察の困難性から色素注入法による報告を散見するにすぎず、洞房結節はその中央を central artery が貫いていることは一致した見解であるが、微細血管構築については明らかにされていない。Verhaeghe ら¹⁹⁾ は剖検心に行った冠動脈造影から、ヒト洞房結節への blood supply はその近傍の心房壁よりも多いとしているが、真鍋¹⁶⁾ は家兎心に色素ゼラチンを注入して観察し、洞房結節では毛細血管が少なく、しかも毛細血管の口径も心筋のそれと比較して小さいと報告している。また遊佐¹⁴⁾ は犬心にゼラチン加墨リング液を注入して観察し、洞房結節の毛細血管網は右房の他の部と同様で右房の毛細血管網は左房に比し粗造であると記載しているにすぎない。これらは光学顕微鏡レベルまでの報告であるが、著者は洞房結節の割断面を血管鋳型法により走査電顕的に観察し、洞房結節動脈周囲の毛細血管網は右心房一般心筋部よりも疎であり、しだいに一般心筋部に移行する構築を観察し得た (Fig. 16)。このように一般心筋部と異なる毛細血管構築を示すことは、Keith と Flack が洞房結節の発見をはじめて報告して以来、洞房結節は成熟心臓に持ち込まれた胎生組織の小片である²⁰⁾ とする発生学的見地からも興味ある所見である。また、洞房結節は一般心筋部と異なり結合組織に富んでいるため、毛細血管網が疎に表現されたものと考えられる。

稿を終えるにあたり、御指導、御校閲を賜った小林敏成教授に深甚なる謝意を表します。

また、血管鋳型法と得られた所見に関して御指導御助言を頂いた岡山大学解剖学教室村上宅郎教授に深謝

いたします。上平正子、増地智子両氏の技術的援助に深謝します。

本論文の要旨は第15回および第17回日本臨床電子顕微鏡学会においてその一部を発表した。

文 献

- 1) 中村 隆, 鈴木典夫: 脈管の臓器特異性, 5. 心臓における脈管の臓器特異性. 東北医誌 83: 145—315, 1972
- 2) Estes, E. H., Jr., Entman, M. L., Dixon II, H. B., Hackel, D. B. and Durham, N. C.: The vascular supply of the left ventricular wall. *Am. Heart J.* 71: 58—67, 1966
- 3) Schlesinger, M. J.: New radiopaque mass for vascular injection. *Lab. Invest.* 6: 1—11, 1957
- 4) Murakami, T.: Application of the scanning electron microscope to the study of the fine distribution of the blood vessels. *Arch. Histol. Jap.* 32: 445—454, 1971
- 5) 村上宅郎, 大谷 修, 菊田彰夫, 大塚愛二: 走査電子顕微鏡による血管鋳型の観察(方法の総括). 電子顕微鏡 16: 11—18, 1981
- 6) 所沢 剛, 川村公一, 岡田英吉, 小野幸彦, 門脇 謙, 吉田功一: 刺激伝導系並びに心筋内小斑状線維化巣の研究—特に微小循環血管構築的研究の基礎にたって—. 秋田医学 6: 279—291, 1980
- 7) Irino, S., Ono, T. and Shimohara, Y.: Microvascular architecture of the rabbit ventricular walls: A scanning electron microscopic study of corrosion casts. *In Scanning Electron Microscopy, /IV. Illinois, SEM Inc. 1982, pp. 1785—1792*
- 8) Anderson, B. G. and Anderson, W. D.: Microvasculature of the canine demonstrated by scanning electron microscopy. *Am. J. Anat.* 158: 217—227, 1980
- 9) Potter, R. F. and Groom, A. C.: Capillary diameter and geometry in cardiac and skeletal muscle studied by means of corrosion casts. *Microvasc. Res.* 25: 68—84, 1983
- 10) Gavin, J. B., Tomson, R. W., Humphrey, S. M. and Herdson, P. B.: Changes in vascular morphology associated with the no-reflow phenomenon in ischaemic myocardium. *Virchows Arch. (Pathol. Anat.)* 399: 325—332, 1983
- 11) Wearn, J. T., Mettier, S. R., Klumpp, T. G. and Zschiesche, L. J.: The nature of the vascular communications between the coronary arteries and the chambers of the heart. *Am. Heart J.* 9: 143—164, 1933
- 12) Brown, R. E.: The pattern of the microcirculatory bed in the ventricular myocardium of domestic mammals. *Am. J. Anat.* 116: 355—374, 1965
- 13) Bassingthwaighe, J. B., Yipintsoi, T. and Harvey, R. B.: Microvascular of the dog left ventricular myocardium. *Microvasc. Res.* 7: 229—249, 1974
- 14) 遊佐清有: 冠状血管系に関する研究—特に微細血管分布について—. 横浜市大紀要 C-35, 120: 1—28, 1960
- 15) 河村慧四郎, 上原春男, 出口寛文, 野田信一路, 中山 康, 山元章示, 今村喜久子, 鷹津 正: 心筋の超微細構造. 代謝 18: 95—106, 1981
- 16) 真鍋茂良: 心臓の微細血管分布構造について. 広医 3: 128—131, 1951
- 17) 内菌耕二, 西江 弘: 心筋細胞の形態と機能, 細胞 6: 320—327, 1974
- 18) 金沢知博: 冠側副循環. 呼と循 18: 39—48, 1970
- 19) Verhaeghe, L. and Van Der Hauwaert, L.: Arterial blood supply of the human sinus node. *Br. Heart J.* 29: 801—806, 1967
- 20) 佐野豊美: 刺激伝導系—基礎と臨床—. 東京, 医学書院. 1974, pp. 1—46